10.22092/spij.2019.120216

مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۵، شماره ۱، سال ۱۳۹۸

ارزیابی برخی خصوصیات ژرم‌پلاسم انار جمع‌آوری شده از استان کرمان

Evaluation of Some Characteristics of Collected Pomegranate Germplasm of Kerman Province in Iran

مهدی زهراوی[۱] و محمدرضا وظیفه‌شناس[۲]

۱- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- استادیار، بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۵

چکیده

زهراوی، م. و وظیفه‌شناس، م. ر. ۱۳۹۸. ارزیابی برخی خصوصیات ژرم‌پلاسم انار جمع‌آوری شده از استان کرمان. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۵:** ۷۱- ۴۷.

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم انار جمع‌آوری شده از استان کرمان، ۹۴ نمونه ژنتیکی از کلکسیون انار بانک ژن گیاهی ملی ایران در یزد مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور ۲۱ صفت کیفی مطابق با توصیف‌نامه بین‌المللی انار ارزیابی شد. بررسی شاخص شانون نشان داد که صفات شکل تحتانی میوه، رنگ دانه و بنیه درخت دارای بیشترین و صفات رنگ شاخه یکساله، عادت رشد و عادت گلدهی دارای کمترین میزان تنوع بودند. تغییرات شاخص شانون در هر یک از انواع ژنوتیپ‌های شیرین، ملس و ترش الگوی مشابهی داشت. دندروگرام تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های شیرین، ملس و ترش را به ترتیب به پنج، هفت و هشت گروه تقسیم نمود. نتایج بررسی باکس‌پلات براساس نواحی منشاء ژنوتیپ‌ها حاکی از تنوع بیشتر در فواصل ژنتیکی نواحی راور، بافت و رفسنجان نسبت به سایر نواحی بود. خاستگاه ژنوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از دندروگرام به پنج گروه تقسیم شد. راور، رفسنجان و بافت در یک گروه قرار گرفتند. جیرفت و شهداد نیز در یک گروه و شهربابک و بم در گروهی جداگانه واقع شدند. نواحی سیرجان و چترود نیز هر یک بطور انفرادی در دندروگرام قرار گرفتند. نتایج تجزیه خوشه‌ای به روش K means مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی، نشان داد که براساس شاخص اطلاعات بیزی (BIC) حداکثر میزان تمایز ژنتیکی در K = ۱۰ حاصل می‌شود. صفات شاخص هر یک از گروه‌های دهگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌های انجام شده در این تحقیق در زمینه تمایز ژنتیکی و گروه‌بندی ژرم‌پلاسم مورد بررسی، جهت شناسایی ژنوتیپ‌ها و انتخاب نمونه‌هایی با حداکثر میزان تمایز در مطالعات آینده، قابل بهره‌برداری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انار، بانک ژن، تنوع ژنتیکی، تغییرات ژنتیکی، خزانه ژنی.

نگارنده مسئول: mehdizahravi@yahoo.com تلفن: ۰۲۶۳۲۷۰۱۲۶۰

مقدمه

انـار (.*Punica granatum* L) یکـی از قـدیمی‌ترین میوه‌هـای خـوراکی اسـت و قـدمت آن به دوران باستان برمی‌گـردد (Mars, 2000). انار گیاهی مقاوم به خشکی بـوده و بـرای کشـت در این مناطق بسـیار مناسـب می‌باشـد. بـا اینحـال این گیاه بطور گسترده‌ای در مناطق دارای آب و هوای معتدل، گرمسیری و نیمه گرمسیری کشـت می‌شـود. ایـران بـه عنـوان خاسـتگاه اصـلی انـار شناخته می‌شـود (Verma *et al.,* 2010). ایـران یکی از بزرگترین تولید کننـدگان انـار در جهـان نیز می‌باشد.

انـــار عـــلاوه بـــر مصـــرف خـــوراکی، از لحـــاظ خـــواص تغذیـــه‌ای و دارویـــی نیـــز دارای اهمیـــت می‌باشـــد و از بـروز چنـدین بیمـاری در انسـان جلـوگیری می‌نمایـد (Verma *et al.,* 2010; Melgarejo and Martinez, 1992; Melgarejo *et al.,* 2000; 2004).

با توجه بـه شـرایط آب و هـوایی خشـک در ایـران و گسـترش آن، توسـعه کشـت و اصـلاح ارقام انار می‌تواند به عنوان فرصتی قلمـداد شـود. این کار نیازمند بررسی و شناسایی دقیق وضـعیت ژرم‌پلاسم موجود می‌باشد. اگرچـه انـار از سـابقه کشت طولانی (بین ۳۰۰۰ الی ۴۰۰۰ سـال قبـل از میلاد مسیح) برخوردار اسـت و طـی اهلـی شـدن، تحـــت گـــزینش مصـــنوعی شـــدیدی قـــرار گرفتـه اسـت، امـا تفـاوت زیـادی بـین ارقـام اهلـــی شـــده و زراعـــی آن موجـــود نیســـت (Verma *et al.,* 2010) و اجداد انار احتمـالاً از لحاظ ظاهری بسـیار شـبیه انـار امـروزی بودنـد و تفـاوت عمـده آنهـا در انـدازه میـوه می‌باشـد (Still, 2006). تقریبـاً تمـام ارقـام انـار از نـوع محلـی می‌باشـند و توسـط اشـخاص ناشناسـی گـزینش و بصـورت رویشـی نگهـداری شـده‌اند (Mars, 2000). این مواد ژنتیکی به عنوان خزانه ژنتیکی اولیه می‌توانند مد نظر قرار گیرند.

نتـــایج مطالعـــات نشـــان‌دهنده تنـــوع قابـــل ملاحظـــه‌ای در ژرم‌پلاســـم محلـــی انـــار می‌باشـــد. صـــمدلوئی و همکـــاران (Samadlouei *et al.,* 2006) وجـود تنـوع در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی هسته ده رقم انـار یـزد را گـزارش کردنـد. زارعـی و عزیـزی (Zarei and Azizi, 2010) با ارزیابی برخـی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شـش رقـم میـوه انـار ایـران در مرحلـه رسیدن اظهـار داشـتند کـه برخـــی از خصوصـــیات می‌توانـــد مصـــرف تـازه‌خوری یـا فـرآوری ارقـام را متمـایز کنـد. تاتـاری و همکـاران (Tatari *et al.,* 2011) ۲۶ صفت کمی و کیفیت میـوه را در یـازده رقـم تجاری انار مورد ارزیـابی قـرار دادنـد و مشـاهده کردند که تمامی صفات مورد بررسـی بـه غیـر از درصـد پوسـت و درصـد دانـه، اخـتلاف معنـی داری در بین ارقام داشتند.

بیگـی و همکـاران (Beigi *et al.,* 2012) بـا بررسی ۲۱ رقم انار محلی نتیجه گرفتند که ارقـام مورد مطالعـه از نظـر خصوصـیات ارزیـابی شـده بسیار متنوع بودند و این تنوع باعـث شـد کـه هـر

یک از این ارقام جهت تولید فرآورده خاصی مناسب باشند. آنها همچنین اظهار داشتند که شاخص طعم (میوه)، رنگ آریل و سختی هسته مؤثرترین صفات در تعیین بهترین شکل مصرف میوه این ارقام در صنایع تبدیلی بودند. ادبی فیروزجایی و همکاران (Adabi Firouz Jaei *et al.,* 2013) تنوع ۴۹ ژنوتیپ انار وحشی و تجاری شمال ایران را بررسی کردند و تفاوت‌های معنی‌داری در صفات کمی و کیفیت مورد بررسی مشاهده کردند. آنها نتیجه گرفتند که ژنوتیپ‌های شمال شرق گلستان در مقایسه با ژنوتیپ‌های وحشی قسمت‌های شمال غربی مازندران از نظر صفات مطلوب، برتری داشتند.

این پژوهش به منظور تهیه شناسنامه‌ای از خصوصیات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های انار استان کرمان موجود در کلکسیون انار بانک ژن گیاهی ملی ایران و بررسی روابط و گروه‌بندی بین آنها انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۹۴ نمونه ژنتیکی بترتیب شامل ۲۵، ۳۲ و ۳۷ ژنوتیپ شیرین، ملس و ترش از کلکسیون انار بانک ژن گیاهی ملی ایران مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱). ژرم‌پلاسم مورد تحقیق شامل تمام ژنوتیپ‌های متعلق به استان کرمان از این مجموعه بود که از نواحی مختلف استان کرمان شامل بافت، بم، جیرفت، رفسنجان، راور، شهربابک، سیرجان، چترود و شهداد جمع‌آوری شده است و در قالب کلکسیون باغی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد در چهار تکرار نگهداری می‌شود.

تنوع ژنتیکی این مجموعه ژرم‌پلاسم با ارزیابی ۲۱ صفت کیفی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور با تهیه ۳۰ نمونه (برگ و میوه) از هر ژنوتیپ در سه تکرار (سه درخت متفاوت از یک ژنوتیپ)، صفات شکل میوه، شکل بخش تحتانی میوه، شکل تاج میوه، تقارن میوه، برآمدگی تحتانی میوه، رنگ پوست میوه، رنگ دانه، رنگ دمبرگ، وضعیت غده انتهایی، نسبت طول به پهنای برگ، نسبت طول دمبرگ به رگبرگ میانی، موقعیت گل، محل تشکیل گل، عادت بارآوری، عادت رشد، بنیه درخت، تمایل پاجوش‌دهی، وضعیت سطح چوب، وجود خار روی چوب، رنگ شاخه یکساله، شکل جوانه نوک برگ و شدت سبزی رنگ، برگ مطابق با توصیف‌نامه بین‌المللی (UPOV, 2012) مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲).

به منظور بررسی میزان تنوع در کل ژرم‌پلاسم و همچنین در هر یک از انواع ژنوتیپ‌های شیرین، ملس و ترش، از آماره شاخص شانون (Shannon, 1948) استفاده شد. برای انجام تجزیه‌های چندمتغیره، سطوح مختلف هر یک از صفات ارزیابی شده به نمرات صفر و یک تبدیل شد. ماتریس شباهت بین افراد براساس میزان اشتراک در

جدول ۱- ژرم‌پلاسم انار مورد مطالعه در این تحقیق و نوع و منشاء آنها

Table 1. Pomegranate germplasm and their types and origin

No.	Genotype name	نام ژنوتیپ	Origin	Type	No.	Genotype name	
1	Sabi Sarjangal Bam	سابی سرجنگل بم	Bam	Sweet-Sour	25	Torsh Poust Sefid Shahdad	هداد
2	Meykhosh Pouts Koloft	میخوش پوست کلفت	Ravar	Sweet-Sour	26	Dorpayeh Ghermez Ravar	ر
3	Meykhosh Poust Nazok Shahre Babak	میخوش پوست نازک شهربابک	Shahr Babak	Sweet-Sour	27	Shirin Poust Sefid Rafsanjan	رفسنجان
4	Keyvani Sarjangal Bam	کیوانی سرجنگل بم	Bam	Sweet-Sour	28	Mors Khas Shahdad	
5	Poust Ghermez Shahre Babak	پوست قرمز شهربابک	Shahr Babak	Sweet	29	Sabz Poust Vahshi Jiroft	جیرفت
6	Sok Poust Sefid Share Babak	سک پوست سفید شهربابک	Shahr Babak	Sour	30	Meykhosh Poust Nazok Baft	ک بافت
7	Dombkouh Poust Ghermez Bam	دمبکوه پوست قرمز بم	Bam	Sweet	31	Meykhosh Chatroud	
8	Golabi Posut Nazok Bam	گلابی پوست نازک بم	Bam	Sweet-Sour	32	Dorpayeh Daneh Riz Ravar	
9	Dabei Sarjangal Bam	دبه‌ای سرجنگل بم	Baft	Sour	33	Sabz Poust Davaran	
10	Mors Sarjangal Bam	مرس سرجنگل بم	Bam	Sweet-Sour	34	Mors Davaran Rafsanjan	ان
11	Dombkouh Sarjangal Bam	دمبکوه سرجنگل بم	Bam	Sweet	35	Dom Lok Chatroud	
12	Sok Poust Ghermez Shahre Babak	سک پوست قرمز شهربابک	Shahr Babak	Sour	36	Shirin Poust Ghermez Ravar	راور
13	Golabi Poust Nazok Sarjangal Bam	گلابی پوست نازک سرجنگل بم	Bam	Sour	37	Poust Ghermez Ravar	
14	Abdandan Shirin Ravar	آبدندان شیرین راور	Ravar	Sweet	38	Torsh Daneh Ghermez Ravar	
15	Ghasem Mendeli Rafsanjan	قاسم مندلی رفسنجان	Rafsanjan	Sour	39	Torsh Poust Ghermez Rafsanjan	فسنجان
16	Vahshi Behrang Jiroft	وحشی بهرنگ جیرفت	Jiroft	Sour	40	Bami Sirch Shahdad	
17	Poust Gandomi Sirjan	پوست گندمی سیرجان	Sirjan	Sweet-Sour	41	Torsh Poust Piazi Ravar	راور
18	Togh Malas Darajeh Yek Ravar	طوق ملس درجه یک راور	Ravar	Sweet-Sour	42	Shirin Hasteh Riz Baft	ت
19	Meykhosh Poust Ghermez Rafsanjan	میخوش پوست قرمز رفسنجان	Rafsanjan	Sweet-Sour	43	Narak Davaran Rafsanjan	ان
20	Shirin Poust Ghermez Rafsanjan	شیرین پوست قرمز رفسنجان	Rafsanjan	Sweet	44	Dorpayeh Riz Ravar	
21	Sekanjebini Sirjan	سکنجبینی سیرجان	Sirjan	Sour	45	Torsh Dorag Davaran	ن
22	Taei Poust Sefid Chatroud	طائی پوست سفید چترود	Kerman_Chatroud	Sour	46	Keyvani Ravar	
23	Dorpayeh Siah Ravar	درپایه دانه سیاه راور	Ravar	Sweet-Sour	47	Sefid Poust Ravar	
24	Sorkh Poust Vahshi	سرخ پوست وحشی	Sirjan	Sour	48	Torsh Darajeh do Ravar	

Table 2. Continued

No.	Genotype name	نام ژنوتیپ	Origin	Type	No.	Genotype name	
49	Bafti Poust Ghermez Ravar	بافتی پوست قرمز راور	Ravar	Sour	75	Meykhosh Sourati Sirjan	رجان
50	Dorpayeh Darajeh Yek Ravar	درپایه درجه یک راور	Ravar	Sweet-Sour	76	Shahi Torsh Chatroud	
51	Mirzaei Torsh Ravar	میرزائی ترش راور	Ravar	Sour	77	Shirin Hasteh Riz Shahdad	داد
52	Shirin Poust Koloft Baft	شیرین پوست کلفت بافت	Baft	Sweet	78	Jazi Poust Sefid	
53	Malas Daneh Sefid Sirjan	ملس دانه سفید سیرجان	Sirjan	Sweet-Sour	79	Shahi Torsh Chatroud	
54	Zagh Poust Ghermez Ravar	زاغ پوست قرمز راور	Ravar	Sweet-Sour	80	Shirin Hasteh Riz Shahdad	داد
55	Bafti Poust Sefid Ravar	بافتی پوست سفید راور	Ravar	Sweet-Sour	81	Vahshi Narak Shahdad	
56	Roudei Davaran	رودهای داوران	Rafsanjan	Sour	82	Jazi Poust Ghermez	
57	Torsh Darajeh Yek Ravar	ترش درجه یک راور	Ravar	Sour	83	Meykhosh Hasteh Riz Shahdad	هداد
58	Khasak Daneh Ghermez Ravar	خسک دانه قرمز راور	Ravar	Sweet	84	Shirin Gorch Sirjan	ن
59	Shirin Daneh Ghermez Rafsanjan	شیرین دانه قرمز رفسنجان	Rafsanjan	Sweet	85	Shai Daneh Siah Chatroud	ود
60	Bafti Dorag Ravar	بافتی دورگ راور	Ravar	Sweet-Sour	86	Kadoei Torsh Khabar Baft	فت
61	Shirin Shahvar Sirjan	شیرین شهوار سیرجان	Sirjan	Sweet	87	Kiani Poust Koloft	
62	Sekanjebini Sirjan	سکنجبینی سیرجان	Sirjan	Sour	88	Kiani Sirjan	
63	Keyvani Chatroud	کیوانی چترود	Kerman_Chatroud	Sour	89	Shirin Hastehdar Khabar Baft	ر بافت
64	Bihasteh Daneh Sefid Ravar	بی هسته دانه سفید راور	Ravar	Sour	90	Khodrou Khabar Baft	بافت
65	Shirin Poust Nazok Baft	شیرین پوست نازک بافت	Baft	Sweet	91	Shirin Dandehdar Baft	بافت
66	Bafti Daneh Ghermez Ravar	بافتی دانه قرمز راور	Ravar	Sweet-Sour	92	Bihasteh Shirin Khabar Baft	بافت
67	Meykhosh Daneh Siah Rafsanjan	میخوش دانه سیاه رفسنجان	Rafsanjan	Sweet-Sour	93	Torsh Kambar Khabar Baft	ت
68	Gro Torsh Ravar	گرو ترش راور	Ravar	Sour	94	Torsh Sabz Posut Sefid	ید
69	Mekhosh Daneh Ghermez Rafsanjan	میخوش دانه قرمز رفسنجان	Rafsanjan	Sweet-Sour			
70	Torsh Daneh Ghermez Shahdad	ترش دانه قرمز شهداد	Kerman_Shahdad	Sour			
71	Golabi Poust Ghermez Ravar	گلابی پوست قرمز راور	Ravar	Sweet-Sour			
72	Shirin Khas Sirch Shahdad	شیرین خاص سیرچ شهداد	Kerman_Shahdad	Sweet			
73	Shahi Daneh Ghermez	شاهی دانه قرمز	Kerman_Shahdad	Sweet			
74	Dabei Poust Ghermez Ravar	دبه‌ای پوست قرمز راور	Ravar	Sweet-Sour			

جدول ۲- توصیف‌نامه برای صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ‌های انار استان کرمان

Table 2. Descriptor for the evaluated traits in pomegranate genotypes of Kerman province

Trait	صفت	Score امتیاز							
Fruit shape	شکل میوه	Spheroid (1)	کروی	Ellipsoid (2)	بیضی	Ovoid (3)	تخم مرغی		
Shape of fruit base	شکل بخش تحتانی میوه	Medium (1)	حد واسط	Semi-medium (2)	نزدیک به حد واسط	Narrow (3)	باریک	Broad (4)	پهن
Shape of fruit apex	شکل تاج میوه	Long neck (1)	گردن بلند	Regular (2)	معمولی				
Fruit symmetry	تقارن میوه	Symmetrical pentagon (1)	متقارن پنج ضلعی	Asymmetrical (3)	نامتقارن	Non-angualr symmetrical (5)	متقارن و بدون برجستگی		
Dome at fruit base	برآمدگی تحتانی میوه	Lack (1)	فقدان	Short (2)	کوتاه	Regular (presence) (3)	معمولی		
Skin color	رنگ پوست میوه	Yellowish red (1)	قرمز مایل به زرد	Red (1)	قرمز	Dark red (1)	قرمز تیره		
Seed color	رنگ دانه	Yellow (1)	زرد	Light pink (3)	صورتی روشن	Light red (5)	قرمز روشن	Dark red (7)	قرمز تیره
Petiole color	رنگ دمبرگ	Red (1)	قرمز	Yellow (2)	زرد	Other (3)	غیره		
Apical nectar gland	وضعیت غده انتهایی	Low (1)	فقدان	Developed (3)	توسعه یافته				
Leaf length to width ratio	نسبت طول به پهنای برگ	Low (1)	پایین	Medium (3)	متوسط	High (5)	بالا		
Relative length of petiole to leaf middle vein	نسبت طول دمبرگ به رگبرگ میانی	Very low (1)	بسیار پایین	Low (2)	پایین	Medium (3)	متوسط	High (4)	بالا
Position of flowers	موقعیت گل	Lateral (1)	جانبی	Terminal (3)	انتهایی				
Bearing habit	عادت بارآوری	On one year old shoots (1)	بیشتر روی شاخه‌های یکساله	On old shoots (3)	بیشتر روی شاخه‌های چندساله				
Regularity of flowering	عادت گلدهی	Regular (1)	منظم	Irregular (3)	نامنظم				
Growth habit	عادت رشد	Spreading (1)	گسترده	Upright (3)	افراشته				
Vigor of tree	بنیه درخت	Weak (1)	ضعیف	Medium (2)	متوسط	Strong (3)	قوی		
Suckering tendency	تمایل پاجوش‌دهی	Very low (1)	بسیار پایین	Low (3)	پایین	Medium (5)	متوسط	High (7)	بالا
Wood surface	وضعیت سطح چوب	Smooth (1)	صاف	Coarse (3)	ناصاف				
Thorness	وجود خار روی چوب	Absent (1)	فقدان	Poor (3)	کم	Medim (5)	متوسط	High (7)	زیاد
Color of one-year-old shoot	رنگ شاخه یکساله	Green (1)	سبز	Green with pink stripes (2)	سبز با نوارهای صورتی	Pink purple (3)	ارغوانی صورتی		
Shape of leaf apex	شکل جوانه برگ	Obtuse (1)	گرد	Acute (3)	نوک تیز				
Intensity of leaf green color	شدت سبزی رنگ برگ	Low (3)	پایین	Medium (5)	متوسط	High (7)	بالا		

نمرات صفر و یک مربوط به صفات مختلف، محاسبه گردید.

دندروگرام تجزیه خوشه‌ای برای نواحی منشاء ژنوتیپ‌ها با محاسبه ماتریس فواصل راجرز (Rogers, 1972) و به روش اتصال کامل ترسیم شد. با استفاده از روش تجزیه تابع تشخیص مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی (Jombart *et al.,* 2010) و ترسیم بای‌پلات براساس محورهای توابع حاصله، تمایز ژنتیکی ژنوتیپ‌ها براساس محل جمع‌آوری آنها مورد بررسی قرار گرفت.

برای تفکیک ژنوتیپ‌ها در گروه‌هایی با حداکثر تمایز ژنتیکی، از روش تجزیه Kmeans بر اساس مؤلفه‌های اصلی (Jombart *et al.,* 2010) استفاده شد. این روش مبتنی بر انجام تجزیه‌های متوالی با در نظر گرفتن تعداد گروه‌های (K) متفاوت می‌باشد که در هر مرحله، معیار اطلاعات بیزی (BIC) به عنوان شاخصی از تفاوت‌های درون گروهی محاسبه می‌شود و در نهایت انتخاب K، براساس حداقل BIC انجام می‌گیرد. فواصل گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش راجرز (Rogers, 1972)، به عنوان ورودی در تجزیه مقیاس‌بندی چندبعدی مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه‌های آماری و رسم نمودارها با استفاده از نسخه ۳/۲/۲ نرم‌افزار R و نسخه ۱۶ نرم‌افزار SPSS انجام گرفت.

نتایج و بحث

مقادیر آماره‌های توصیفی در جدول ۳ ارائه شده است. براساس آماره نما، صفات شکل میوه بیضی (۲)، شکل بینابینی (بین حالت زاویه‌دار و پهن) بخش تحتانی میوه (۱)، تاج بلند میوه (۱)، میوه متقارن و بدون برجستگی (۵)، بدون برآمدگی انتهایی در بخش تحتانی میوه (۱)، رنگ قرمز مایل به زرد پوست میوه (۳)، رنگ صورتی-زرد دانه (۳)، رنگ قرمز دمبرگ (۱)، فقدان غده انتهایی (۱)، نسبت متوسط طول به پهنای برگ (۵)، نسبت کوتاه طول دمبرگ به رگبرگ میانی (۲)، موقعیت جانبی گل در گل‌آذین (۱)، محل تشکیل گل روی شاخه‌های یکساله (۱)، بارآوری منظم (۱)، عادت رشد گسترده (۱)، بنیه قوی درخت (۳)، تمایل کم به پاجوش‌دهی (۳)، سطح چوب ناصاف (۳)، فقدان خار روی چوب (۱)، رنگ سبز با نوارهای صورتی شاخه‌های یکساله (۲)، شکل نوک برگ نسبتاً تیز (۳) و رنگ سبز روشن برگ (۳) دارای بیشترین فراوانی بودند .

براساس مقادیر شاخص شانون، صفات شکل تحتانی میوه، رنگ دانه و بنیه درخت دارای بیشترین و صفات رنگ شاخه یکساله، عادت رشد و عادت بارآوری دارای کمترین میزان تنوع بودند (جدول ۳). میزان تنوع در هر یک از ژنوتیپ‌های شیرین، ملس و ترش با استفاده از شاخص شانون بررسی گردید (شکل‌های ۱a، ۱b و ۱c).

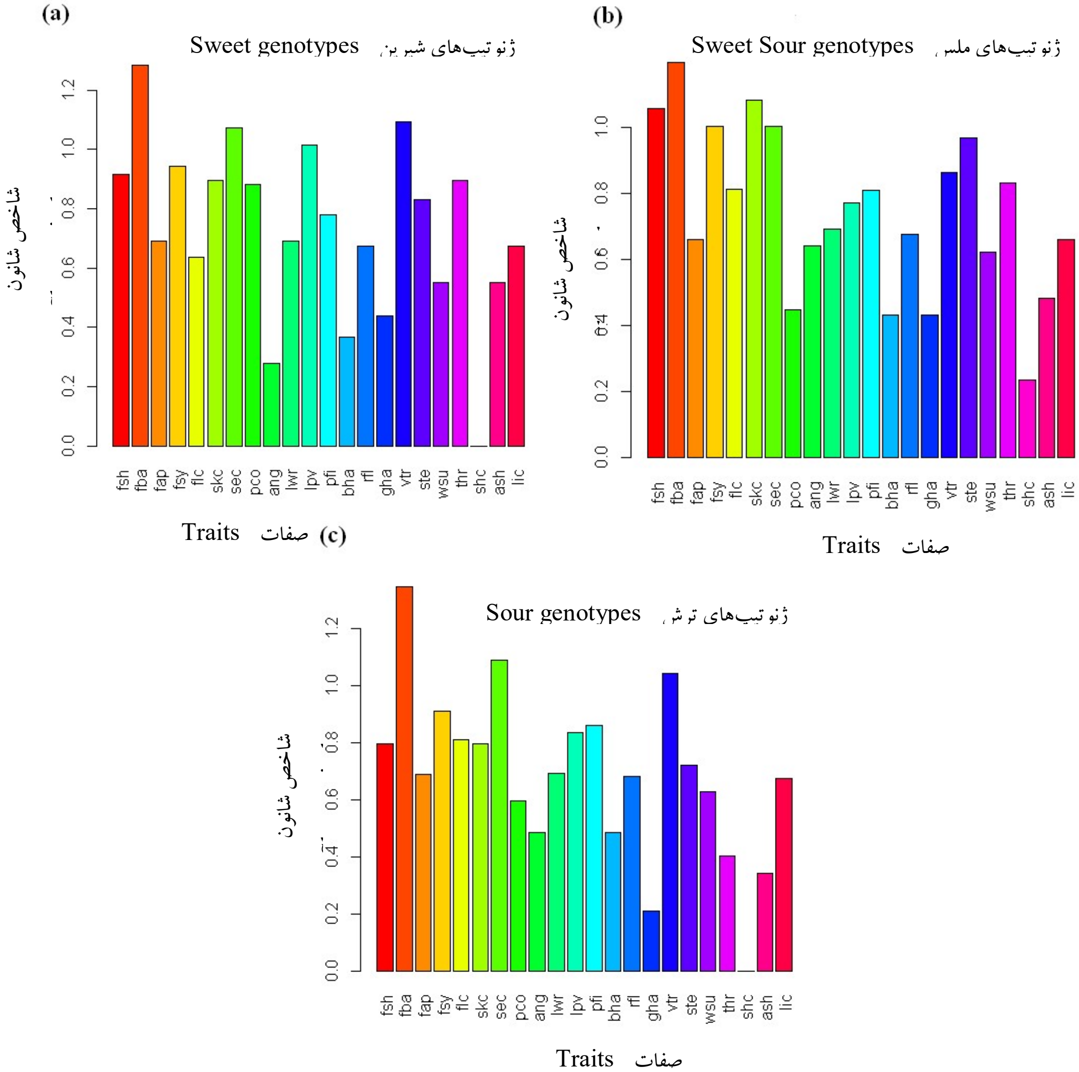
مقایسه مقادیر شانون در سه گروه از

جدول ۳- آماره‌های توصیفی صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ‌های انار استان کرمان
Table 3. Descriptive statistics of the evaluated traits in pomegranate genotypes of Kerman province

Trait	صفت	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانه Median	نما Mode	شاخص شانون Shannon Index
Fruit shape	شکل میوه	1	3	2	2	0.97
Shape of fruit base	شکل بخش تحتانی میوه	1	4	2	1	1.31
Shape of fruit apex	شکل تاج میوه	1	2	1	1	0.69
Fruit symmetry	تقارن میوه	1	5	5	5	0.98
Dome at fruit base	برآمدگی تحتانی میوه	1	3	1	1	0.78
Skin color	رنگ پوست میوه	3	5	4	3	0.97
Seed color	رنگ دانه	3	7	5	3	1.08
Petiole color	رنگ دمبرگ	1	3	1	1	0.66
Apical nectar gland	وضعیت غده انتهایی	1	3	1	1	0.52
Leaf length to width ratio	نسبت طول به پهنای برگ	5	7	5	5	0.69
Relative length of petiole: leaf middle vein	نسبت طول دمبرگ به رگبرگ میانی	1	3	2	2	0.88
Position of flowers	موقعیت گل در گل‌آذین	1	3	1	1	0.83
Bearing habit	عادت بارآوری	1	3	1	1	0.44
Regularity of flowering	عادت گلدهی	1	3	1	1	0.69
Growth habit	عادت رشد	1	3	1	1	0.36
Vigor of tree	بنیه درخت	1	3	2	3	1.03
Suckering tendency	تمایل پاجوش‌دهی	3	7	3	3	0.87
Wood surface	وضعیت سطح چوب	1	3	3	3	0.61
Thorness	وجود خار	1	7	1	1	0.76
Color of one-year-old shoot	رنگ شاخه یکساله	2	3	2	2	0.10
Shape of leaf apex	شکل جوانه برگ	1	3	3	3	0.46
Intensity of leaf green color	شدت سبزی رنگ برگ	3	5	3	3	0.67

ژنوتیپ‌های مذکور نشان‌دهنده الگوی مشابه در تنوع صفات ارزیابی شده بود. ژنوتیپ‌های شیرین دارای مقادیر شانون بزرگتری برای صفات شکل تاج میوه، رنگ دمبرگ، نسبت طول دمبرگ به رگبرگ میانی، عادت رشد، بنیه درخت، وجود خار روی چوب و شکل نوک برگ نسبت به ژنوتیپ‌های ملس و ترش بودند.

ژنوتیپ‌های ملس دارای مقادیر شانون



شکل ۱- نمودار ستونی شاخص شانون برای صفات ارزیابی شده به تفکیک در ژنوتیپ‌های انار شیرین (a)، ملس (b) و ترش (c) استان کرمان

fsh: شکل میوه، **fba**: شکل بخش تحتانی میوه، **fap**: شکل تاج میوه، **fsy**: تقارن میوه، **flc**: برآمدگی تحتانی میوه، **skc**: رنگ پوست میوه، **sec**: رنگ دانه، **pco**: رنگ دمبرگ، **ang**: وضعیت غده انتهایی، **lwr**: نسبت طول به پهنای برگ، **lpv**: نسبت طول دمبرگ به رگبرگ میانی، **pfi**: موقعیت گل، **bha**: عادت بارآوری، **rfl**:عادت گلدهی، **gha**: عادت رشد، **vtr**: بنیه درخت، **ste**: تمایل پاجوش‌دهی، **wsu**: وضعیت سطح چوب، **thr**: وجود خار، **shc**: رنگ شاخه یکساله، **ash**: شکل جوانه برگ و **lic**: شدت سبزی رنگ برگ

Fig. 1. Barplot of Shannon index for the studied traits of Kerman pomegranate germplasm in each of sweet (a), sweet-sour (b) and sour (c) genotypes

fsh: fruit shape, **fba:** shape of fruit base, **fap:** shape of fruit apex, **fsy:** fruit symmetry, **flc:** dome at fruit base, **skc:** skin color, **sec:** seed color, **pco:** petiole color, **ang:** apical nectar gland, **lwr:** leaf length to width ratio, **lpv:** relative length of petiole to leaf middle vein, **pfi:** position of flowers, **bha:** bearing habit, **rfl:** regularity of flowering, **gha:** growth habit, **vtr:** vigour of tree, **ste:** suckering tendency, **wsu:** wood surface, **thr:** thorness, **shc:** color of one-year-old shoot, **ash:** shape of leaf apex, **lic:** intensity of leaf green color.

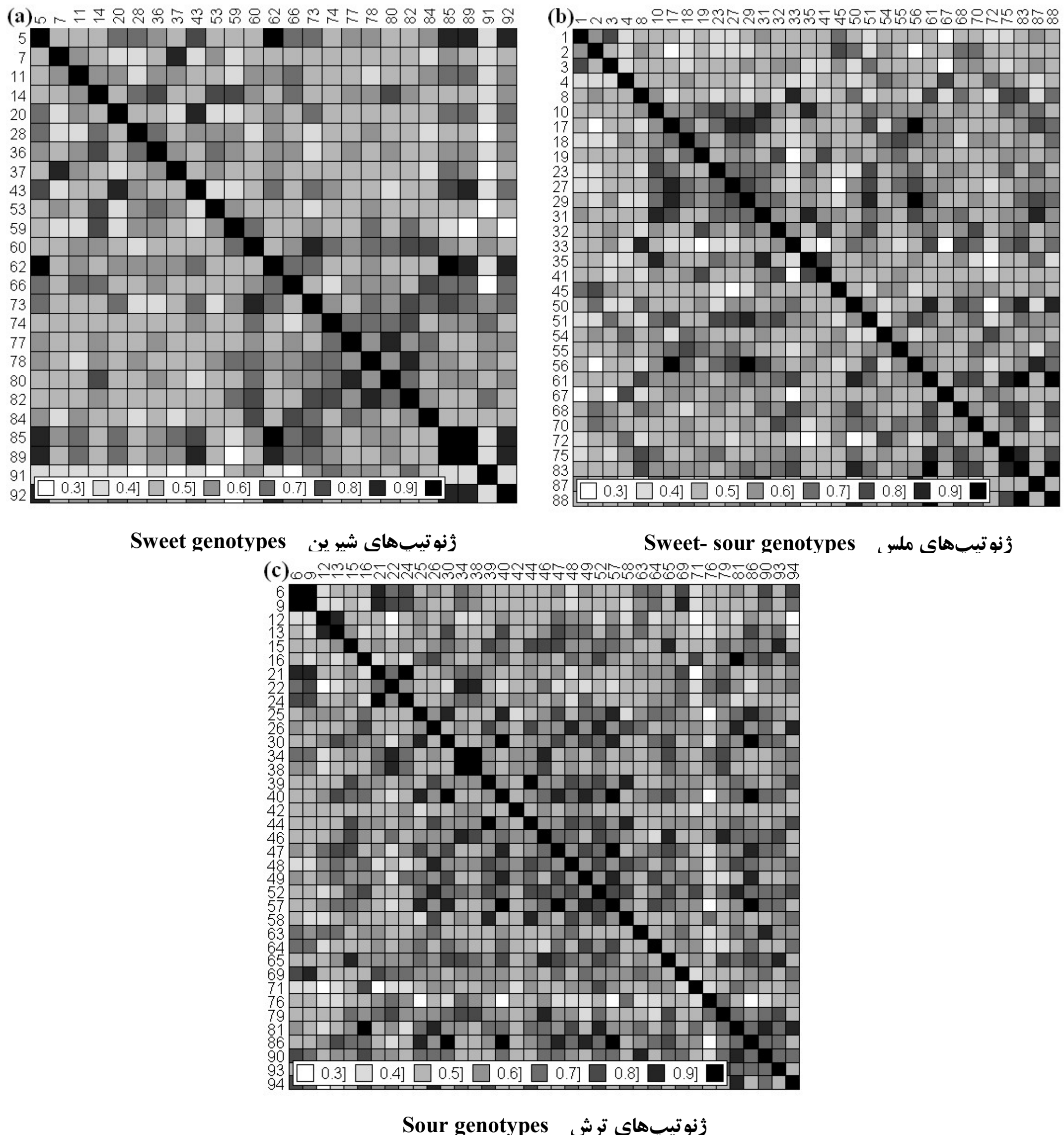
بزرگتری برای صفات شکل میوه، تقارن میوه، رنگ پوست میوه، وضعیت غده انتهایی، تمایل پاجوش‌دهی و رنگ شاخه یکساله نسبت به ژنوتیپ‌های شیرین و ترش بودند. ژنوتیپ‌های ترش دارای مقادیر شانون بزرگتری برای صفات شکل بخش تحتانی میوه، رنگ دانه، نسبت طول به پهنای برگ، موقعیت گل در گل‌آذین، محل تشکیل گل، عادت بارآوری، وضعیت سطح چوب و شدت سبزی رنگ برگ نسبت به ژنوتیپ‌های شیرین و ملس ترش بودند.

ادبی فیروزجایی (Adabi FirozJaei *et al.,* 2013) در تجزیه عاملی بر روی ژنوتیپ‌های انار وحشی و تجاری شمال ایران، صفات وزن صد آریل تر، pH، طول آریل، قطر آریل، و طعم میوه را با ضریب مثبت و اسیدیته قابل تیتراسیون و نسبت پوست به دانه را با ضریب منفی، متغیرهای دارای بیشترین تأثیر در واریانس عامل اول گزارش کردند. همچنین صفت طول تاج، وزن آریل‌ها و وزن پوست بیشترین تأثیر را در تغییرات عامل دوم داشتند.

شباهت ژنوتیپ‌های انار در گروه‌های شیرین، ملس و ترش با استفاده از ماتریس تشابه ارزیابی شد (شکل ۲). براساس مقادیر شباهت در گروه ژنوتیپ‌های شیرین، ژنوتیپ‌های پوست قرمز شهربابک (۵) و شیرین شهوار سیرجان (۶۲)، شاهی دانه سیاه چترود (۸۵) و شیرین شهوار سیرجان (۶۲)، و شیرین هسته‌دار خبر بافت (۸۹) و بی هسته دانه سفید راور (۶۵) با ضریب ۰/۹۲ دارای بیشترین شباهت بودند (شکل 2a). ژنوتیپ‌های شیرین پوست سفید رفسنجان (۲۸) و شیرین دنده‌دار خبر بافت (۹۱)، شیرین پوست قرمز راور (۳۷) و شیرین دنده‌دار خبر بافت (۹۱)، شیرین پوست کلفت بافت (۵۳) و شیرین دنده‌دار خبر بافت (۹۱)، شیرین پوست نازک بافت (۶۶) و شیرین دنده‌دار خبر بافت (۹۱)، خسک دانه قرمز راور (۵۹) و بی هسته شیرین خبر بافت (۹۲)، و خسک دانه قرمز راور (۵۹) و شیرین هسته‌دار خبر بافت (۸۹) با ضریب ۰/۲۳ دارای بیشترین فاصله ژنتیکی بودند (شکل 2a).

در گروه ژنوتیپ‌های ملس، ژنوتیپ‌های مرس خاص شهداد (۲۹) و بافتی پوست سفید راور (۵۶)، بافتی دورگ راور (۶۱) و کیانی سیرجان (۸۸)، و میخوش هسته ریز شهداد (۸۳) و کیانی سیرجان (۸۸) با ضریب ۰/۹۵ دارای بیشترین شباهت بودند (شکل 2b).

ژنوتیپ‌های سابی سرجنگل بم (۱) و بافتی دانه قرمز راور (۶۷)، میخوش پوست کلفت (۲) و بافتی پوست سفید راور (۵۶)، میخوش پوست نازک شهربابک (۳) و بافتی دانه قرمز راور (۶۷)، میخوش پوست قرمز رفسنجان (۱۹) و درپایه دانه ریز راور (۳۳)، درپایه دانه قرمز راور (۲۷) و درپایه ریز راور (۴۵)، درپایه دانه ریز راور (۳۳) و بمی سیرج شهداد (۴۱)، درپایه دانه ریز راور (۳۳) و بافتی دانه قرمز راور (۶۷)، مرس داوران رفسنجان (۳۵) و گلابی پوست قرمز راور (۷۲)، میخوش صورتی سیرجان (۵۰)



شکل ۲- نقشه حرارتی مبتنی بر ماتریس تشابه در ارزیابی ژنوتیپ‌های انار شیرین (a)، ملس (b) و ترش (c) استان کرمان

Fig. 2. Heat map of similarity matrices between pomegranate genotypes; sweet (a), sweet sour (b), and sour (c) of Kerman province

و گلابی پوست قرمز راور (۷۲)، و میخوش پوست کلفت (۲) و پوست گندمی سیرجان (۱۷) با ضریب ۰/۲۳ دارای بیشترین فاصله ژنتیکی بودند (شکل 2b).

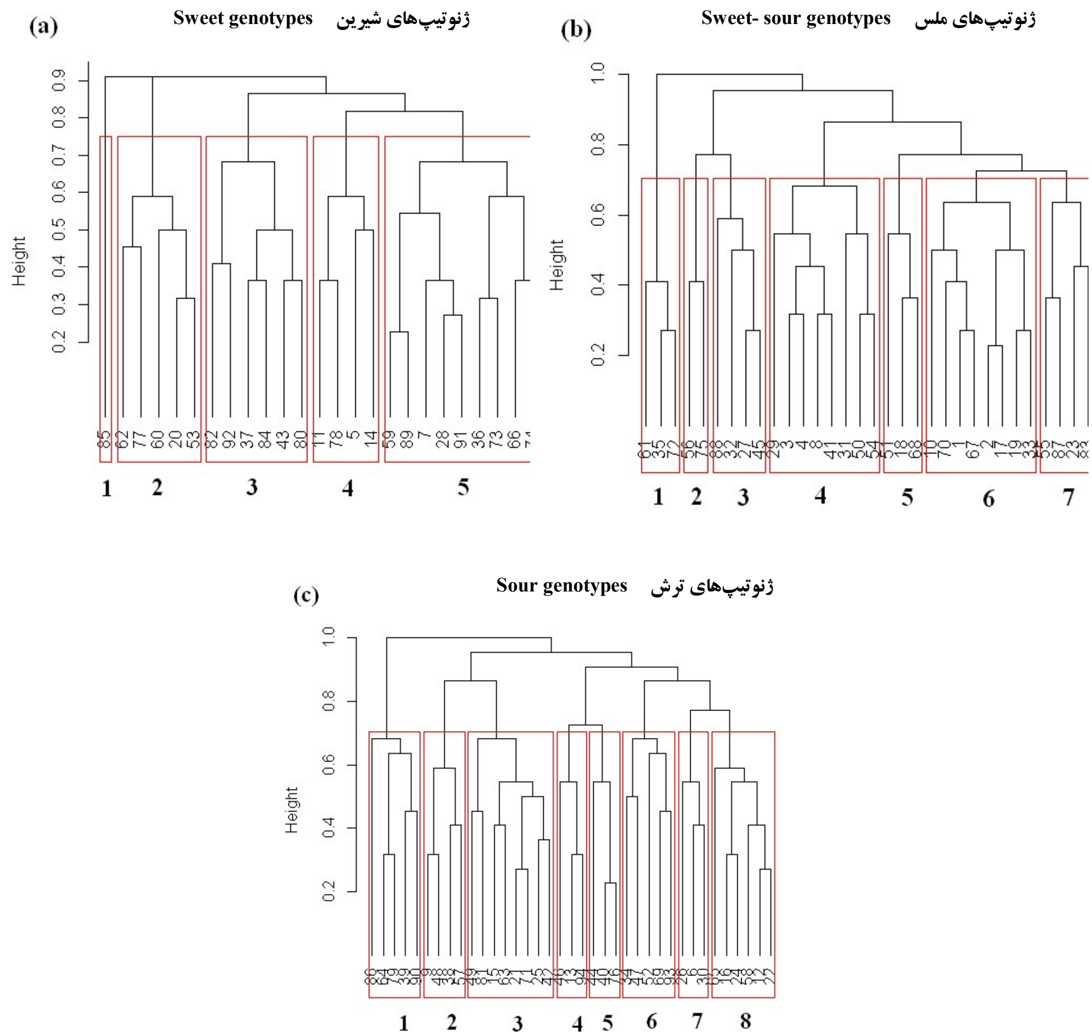
در گروه ژنوتیپ‌های ترش، ژنوتیپ‌های سبز پوست داوران (۳۴) و پوست قرمز راور (۳۸)، ترش پوست قرمز رفسنجان (۴۰) و روده‌ای داوران (۵۷)، و روده‌ای داوران (۵۷) و کدوئی ترش خبر بافت (۸۶) با ضریب ۰/۹۵ دارای بیشترین شباهت بودند (شکل 2c).

ژنوتیپ‌های سک پوست قرمز شهربابک (۱۲) و طائی پوست سفید چترود (۲۲)، سک

پوست قرمز شهربابک (۱۲) و ترش دانه قرمز شهداد (۷۱)، ، سک پوست قرمز شهربابک (۱۲) و ترش سبز پوست سفید (۹۴)، سکنجبینی سیرجان (۲۱) و ترش دانه قرمز شهداد (۷۱)، سک پوست قرمز شهربابک (۱۲) و طائی پوست سفید چترود (۲۲)، بافتی پوست قرمز راور (۲۵) و شاهی ترش چترود (۷۶)، روده‌ای داوران (۵۷) و شاهی ترش چترود (۷۶)، ترش پوست قرمز رفسنجان (۴۰) و شاهی ترش چترود (۷۶) و کدوئی ترش خبر بافت (۸۶) و شاهی ترش چترود (۷۶) با ضریب ۰/۲۳ دارای بیشترین فاصله ژنتیکی بودند (شکل ۲c).

با استفاده از دندروگرام تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های شیرین، ملس و ترش به ترتیب به پنج، هفت و هشت گروه تقسیم شدند (شکل ۳). در انواع شیرین، ژنوتیپ شاهی دانه سیاه چترود (۸۵) از سایر گروه‌ها مجزا شد. ژنوتیپ‌های شیرین شهوار سیرجان (۶۲) و شیرین هسته ریز شهداد (۷۷)، شیرین دانه قرمز رفسنجان (۶۰)، شیرین پوست قرمز رفسنجان (۲۰) و شیرین پوست کلفت بافت (۵۳) در گروه ۲، ژنوتیپ‌های جازی پوست قرمز (۸۲)، بی هسته شیرین خبر بافت (۹۲)، شیرین پوست قرمز راور (۳۷)، شیرین گرچ سیرجان (۸۴)، ژنوتیپ‌های شیرین هسته ریز بافت (۴۳) و شیرین هسته ریز شهداد (۸۰) در گروه ۳، ژنوتیپ‌های دمبکوه سرجنگل بم (۱۱)، جازی پوست سفید (۷۸)، پوست قرمز شهربابک (۵) و آبدندان شیرین راور (۱۴) در گروه ۴ و ژنوتیپ‌های خسک دانه قرمز راور (۵۹)، شیرین هسته دار خبر بافت (۸۹)، دمبکوه پوست قرمز بم (۷)، پوست سفید رفسنجان (۲۸)، شیرین دنده دار خبر بافت (۹۱)، شیرین دم لک چترود (۳۶)، شیرین خاص سیرچ شهداد (۷۳)، ژنوتیپ‌های شیرین پوست نازک بافت (۶۶) و شاهی دانه قرمز(۷۴) در گروه ۵ قرار گرفتند (شکل ۳a).

در انواع ملس، ژنوتیپ‌های بافتی دورگ راور (۶۱)، مرس داوران رفسنجان (۳۵) و گلابی پوست قرمز راور (۷۲) در گروه ۱، ژنوتیپ‌های ژنوتیپ‌های بافتی پوست سفید راور (۵۶) و دبه‌ای پوست قرمز راور (۷۵) در گروه ۲، ژنوتیپ‌های کیانی سیرجان، ملس (۸۸)، میخوش چترود (۳۲)، درپایه دانه قرمز راور (۲۷) و درپایه ریز راور (۴۵) در گروه ۳، ژنوتیپ‌های مرس خاص شهداد، ملس (۲۹)، میخوش پوست نازک شهربابک (۳)، کیوانی سرجنگل بم (۴)، گلابی پوست نازک بم (۸)، میخوش پوست نازک بافت (۳۱)، بمی سیرج شهداد، ملس (۴۱)، میخوش صورتی سیرجان (۵۰) و ملس دانه سفید سیرجان (۵۴) در گروه ۴، ژنوتیپ‌های طوق ملس درجه یک راور (۱۸)، درپایه درجه یک راور (۵۱) و میخوش دانه سیاه رفسنجان (۶۸) در گروه ۵، ژنوتیپ‌های ژنوتیپ‌های سابی سرجنگل بم (۱)، میخوش پوست کلفت (۲)، مرس سرجنگل بم (۱۰)، پوست گندمی سیرجان (۱۷)، میخوش پوست قرمز رفسنجان (۱۹)، درپایه دانه ریز راور



شکل ۳- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای به روش اتصال کامل در ژنوتیپ‌های انار شیرین (a)، ملس (b) و ترش (c) استان کرمان

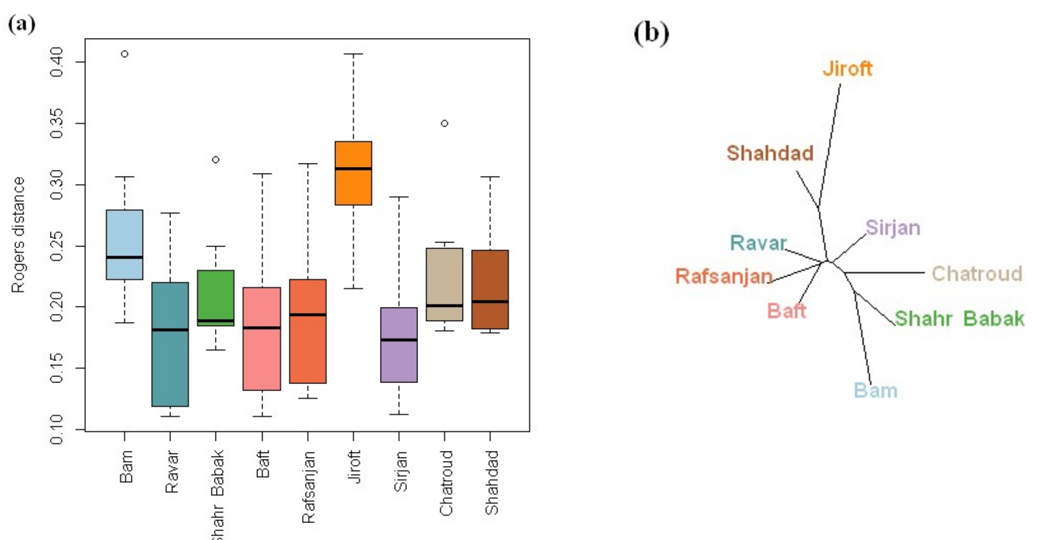
Fig. 3. Dendrogram of cluster analysis of pomegranate genotypes; sweet (a), sweet-sour (b) and sour (c) of Kerman, based on complete linkage method

(۳۳)، بافتی دانه قرمز راور (۶۷) و میخوش دانه قرمز رفسنجان (۷۰) در گروه ۶ و ژنوتیپ‌های در پایه دانه سیاه راور (۲۳)، زاغ پوست قرمز راور (۵۵)، میخوش هسته ریز شهداد (۸۳) و کیانی پوست کلفت، ملس (۸۷) در گروه ۷ قرار گرفتند (شکل ۳b).

در انواع ترش، ژنوتیپ‌های ترش دانه قرمز راور (۳۹)، کیوانی چترود (۶۴)، شاهی ترش چترود (۷۹)، کدوئی ترش خبر بافت (۸۶) و خودرو وحشی خبر بافت (۹۰) در گروه ۱، ژنوتیپ‌های دبه‌ای سرجنگل (۹)، پوست قرمز راور (۳۸)، سفید پوست راور (۴۸) و روده‌ای

داوران (۵۷) در گروه ۲، ژنوتیپ‌های قاسم مندلی رفسنجان (۱۵)، سکنجبینی سیرجان (۲۱)، بافتی پوست قرمز راور (۲۵)، ترش پوست پیازی راور (۴۲)، ترش درجه دو راور (۴۹)، سکنجبینی سیرجان (۶۳)، ترش دانه قرمز شهداد (۷۱) و وحشی نرک شهداد (۸۱) در گروه ۳، ژنوتیپ‌های گلابی پوست نازک سرجنگل بم (۱۳)، ترش دو رگ داوران (۴۶) و ترش سبز پوست سفید (۹۴) در گروه ۴، ژنوتیپ‌های ترش پوست قرمز رفسنجان (۴۰)، نرک داوران رفسنجان (۴۴) و شاهی ترش چترود (۷۶) در گروه ۵، ژنوتیپ‌های ژنوتیپ‌های ترش پوست سفید شهداد (۲۶)، سبز پوست داوران (۳۴)، کیوانی راور (۴۷)، میرزائی ترش راور (۵۲)، گرو ترش راور (۶۹) و ترش کم بار خبر بافت (۹۳) در گروه ۶، ژنوتیپ‌های سک پوست سفید شهربابک (۶)، ترش پوست سفید شهداد (۲۶) و سبز پوست وحشی جیرفت (۳۰) در گروه ۷ و ژنوتیپ‌های سک پوست قرمز شهربابک (۱۲)، وحشی بهرنگ جیرفت (۱۶)، طائی پوست سفید چترود (۲۲)، سرخ پوست وحشی (۲۴)، ترش درجه یک راور (۵۸) و بی هسته دانه سفید راور (۶۵) در گروه ۸ قرار گرفتند (شکل ۳c). تاتاری و همکاران (Tatari *et al.,* 2011) یازده رقم تجاری انار را ارزیابی کردند و بر اساس تجزیه خوشه‌ای، ارقام مورد بررسی در پنج گروه اصلی قرار گرفتند.

ارتباط بین نواحی منشاء ژنوتیپ‌های انار استان کرمان با استفاده از باکس پلات و دندروگرام در شکل ۴ ارایه شده است.



شکل ۴- رابطه بین نواحی منشاء ژنوتیپ‌های انار استان کرمان با استفاده از باکس‌پلات (a) و دندورگرام (b).

Fig. 4. Relationships between the origin of the pomegranate genotypes of Kerman province by boxplot (a) and dendrogram (b).

باکس مربوط به ژنوتیپ‌های جیرفت بالاتر از سایر باکس‌ها قرار گرفت که نشان‌دهنده فواصل بیشتر ژنوتیپ‌های این ناحیه جغرافیایی نسبت به سایر نواحی می‌باشد. طول باکس‌های مربوط به نواحی راور، بافت و رفسنجان بیشتر از سایر باکس‌ها بود که نشان می‌دهد این نواحی به لحاظ ژنتیکی نسب به برخی از نواحی مشابهت بیشتر دارند درحالی که طولِ کمتر باکس‌ها حاکی از فاصله ژنتیکی یکسان از سایر نواحی می‌باشد (شکل ۴a).

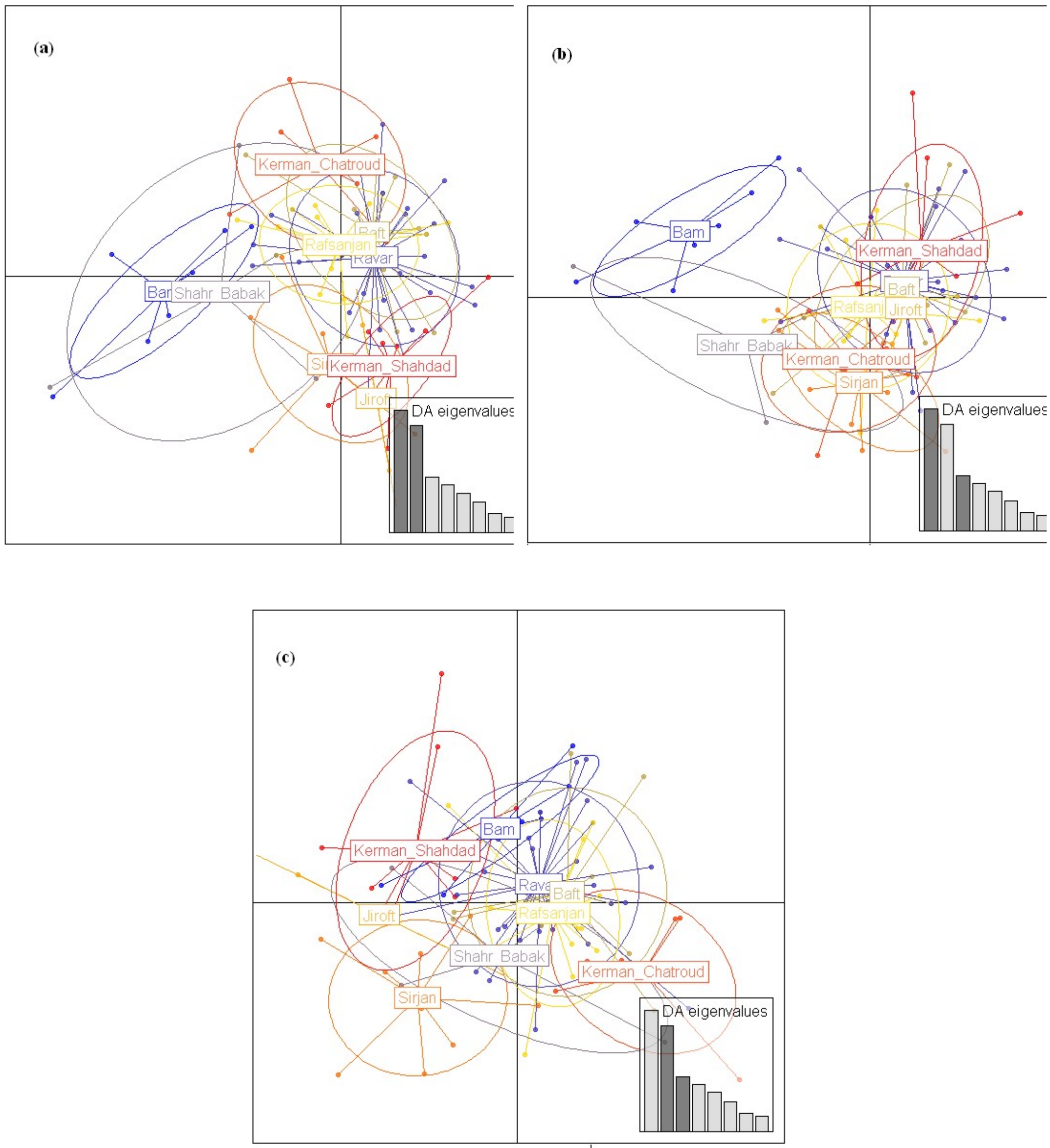
منشاء ژنوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از دندورگرام به پنج گروه تقسیم شدند. راور، رفسنجان و بافت در یک گروه قرار گرفتند. همچنین جیرفت و شهداد نیز در یک گروه و شهربابک و بم در گروهی جداگانه واقع شدند. نواحی سیرجان و چترود هر یک بطور انفرادی در دندروگرام قرار گرفتند (شکل ۴b).

ارتباط منشاء ژنوتیپ‌های مورد بررسی همچنین با استفاده از تجزیه تشخیصی مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۵). در بای‌پلات مبتنی بر دو تابع تشخیصی اول (شکل ۵a) نواحی منشاء در طول محور تابع تشخیصی دوم تا حدودی از یکدیگر تفکیک شدند. چترود و جیرفت بترتیب با بیشترین و کمترین مقدار عددی در تابع تشخیصی دوم، بطور مجزا از سایر نواحی قرار گرفت. سپس بافت، رفسنجان و راور در مرکز بای‌پلات در مجاورت یکدیگر واقع شدند. شهر بابک و بم براساس هر دو محور اول و دوم از سایر نواحی منفک شده و در نزدیکی یکدیگر قرار گرفتند. شهداد و سیرجان نیز در ناحیه مشابهی از بای‌پلات و براساس محور تابع تشخیصی دوم متمایز شدند. در بای‌پلات‌های توابع تشخیصی اول و سوم (شکل ۵b) و توابع تشخیصی دوم و سوم (شکل ۵b) بترتیب ژنوتیپ‌های با منشاء بم و سیرجان بخوبی از ژنوتیپ‌های سایر نواحی متمایز شدند.

نتایج تجزیه تشخیصی حاکی از اختلاط ژنتیکی بین نواحی منشاء ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود و در مجموع نشان داد که در نظر گرفتن این نواحی، معیار مناسبی جهت تمایز بین ژنوتیپ‌ها بدست نمی‌دهد. کاظمی الموتی و همکاران (Kazemi Alamuti *et al.,* 2013) نیز با بررسی تنوع ژنتیکی ۲۳۸ ژنوتیپ انار ترش ایران با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره نتیجه گرفتند که طبقه‌بندی ژنوتیپ های مورد مطالعه مستقل از منشا جغرافیایی و نام گذاری پیشنهادی‌شان بود. بنابراین به منظور انجام تفکیک مناسب در ژرم‌پلاسم مورد بررسی از روش تجزیه خوشه‌ای به روش K means استفاده شد (شکل ۶).

نتایج نشان داد که در k = ۱۰، حداقل میزان اطلاعات بیزی (BIC) حاصل می‌شود (شکل ۶a). بررسی حضور ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مختلف براساس نواحی منشاء آنها (شکل ۶b) نشان دهنده توزیع ژنوتیپ‌های هر ناحیه جغرافیایی در گروه‌های مختلف بود و

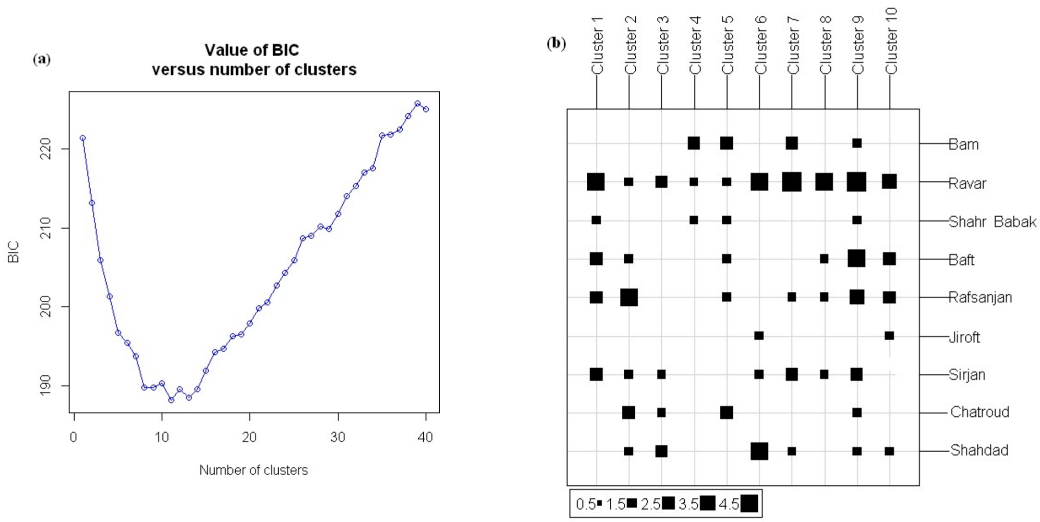
گروهی که اختصاصاً ژنوتیپ‌های یـک ناحیـه را
شامل شود، شناسایی نشد. این نتایج در تطـابق بـا



شکل ۵- تفکیک نواحی منشاء ژنوتیپ‌های انار استان کرمان براساس محورهای اول و دوم (a)، اول و سوم (b) و دوم و سوم (c) از تجزیه تابع تشخیص مؤلفه‌های اصلی

Fig. 5. Origin differentiation of pomegaranate genotypes of Kerman based on first and second (a), first and third (b) and second and third (c) coordinates of discriminant analysis of principal components

نتایج تجزیه توابع تشخیصی مبنی بر اختلاط ژنتیکی بین نواحی می‌باشد. گروه چهارم بطور اختصاصی‌تر نسبت به سایر گروه‌ها، نواحی منشاء ژرم‌پلاسم مورد ارزیابی را در برگرفت بطوری که فقط شامل ژنوتیپ‌های بم، راور و شهربابک بود. گروه نهم نیز به عنوان



شکل ۶- روند تغییرات شاخص اطلاعات بیزی (BIC) با انتخاب متوالی تعداد گروه‌های متفاوت از ژنوتیپ‌های انار استان کرمان در روش تجزیه خوشه‌ای به روش K means (a) و نمایش حضور ژنوتیپ‌ها در گروهها براساس نواحی منشاء آنها (b)

Fig. 6. Trend of Bayesian information criterion (BIC) by successive selection of different number of clusters of pomegranate genotypes of Kerman province using K means clustering approach, and distribution of genotypes of different origins within the groups (b)

عمومی‌ترین گروه شناسایی شد و بجز جیرفت، سایر نواحی منشاء را شامل شد. همچنین از بین نواحی منشاء، ژنوتیپ‌های راور در تمام گروه‌ها توزیع شدند و ژنوتیپ‌های جیرفت فقط در گروه‌های ششم و دهم حضور داشتند.

ویژگی هر یک از گروه‌های تشکیل شده توسط تجزیه خوشه‌ای با استفاده از آماره نما مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴). در گروه اول ۱۱ نمونه شامل ژنوتیپ‌های میخوش پوست کلفت، سک پوست سفید شهربابک، دبه‌ای سرجنگل، آبدندان شیرین راور، سکنجبینی سیرجان، سرخ پوست وحشی، شیرین پوست سفید رفسنجان، دم لک چترود، درپایه ریز راور، شیرین پوست کلفت بافت و گرو ترش راور واقع شدند. در این گروه صفات شکل کروی میوه (۱)، شکل تقریباً بینابینی (نزدیک به حدواسط زاویه‌دار و پهن) بخش تحتانی میوه (۲)، طول معمولی (غیربلند) تاج میوه (۲)، شکل نامتقارن میوه (۳)، فقدان برآمدگی در بخش تحتانی میوه (۱)، رنگ قرمز مایل به زرد پوست میوه (۳)، رنگ قرمز تیره دانه (۷)، رنگ قرمز دمبرگ (۱)، بدون غده انتهایی برگ (۱)، نسبت بالای طول به پهنای برگ (۷)، نسبت متوسط طول دمبرگ به طول رگبرگ میانی (۳)، موقعیت جانبی گل (۱)، محل تشکیل گل بیشتر روی شاخه‌های یکساله (۱)، عادت بارآوری

جدول ۴- صفات گروه‌های تشکیل شده ژنوتیپ‌های انار کرمان براساس تجزیه خوشه‌ای به روش K means مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی

Table 4. Traits of the groups developed by K means clustering approach based on principal components for pomegranate genotypes of Kerman province

Trait	صفت	گروه Cluster 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fruit shape	شکل میوه	1*	2	1	1	2	2	3	1	2	1
Shape of fruit base	شکل بخش تحتانی میوه	2	1	3	3	4	1	2	2	1	3
Shape of fruit apex	شکل تاج میوه	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2
Fruit symmetry	تقارن میوه	3	1	5	5	1	5	3	5	5	5
Dome at fruit base	طول تاج میوه	1	1	3	3	1	2	1	1	1	2
Skin color	رنگ پوست میوه	3	3	3	3	3	4	5	3	4	4
Seed color	رنگ دانه	7	3	3	3	7	5	3	5	5	3
Petiole color	رنگ دمبرگ	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Apical nectar gland	وضعیت غده انتهایی	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1
Leaf length to width ratio	نسبت طول به پهنای برگ	7	5	7	5	5	5	5	5	7	5
Relative length of petiole to leaf middle vein	نسبت طول دمبرگ به رگبرگ میانی	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2
Position of flowers	موقعیت گل	1	3	1	1	1	3	1	3	1	3
Bearing habit	عادت بارآوری	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
Regularity of flowering	عادت گلدهی	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
Growth habit	عادت رشد	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vigor of tree	بنیه درخت	3	2	1	2	3	1	3	1	2	2
Suckering tendency	تمایل پاجوش‌دهی	3	3	3	3	3	7	3	7	3	3
Wood surface	وضعیت سطح چوب	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3
Thorness	وجود خار روی چوب	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Color of one-year-old shoot	رنگ شاخه یکساله	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Shape of leaf apex	شکل جوانه برگ	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Intensity of leaf green color	شدت سبزی رنگ برگ	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3

* به منظور شناسایی صفات بارز هر گروه از آماره نما استفاده شده است.

* Mode statistics has been used to determine main features of each group.

نامنظم (۳)، عادت رشد گسترده (۱)، بنیه قوی درخت (۳)، تمایل کم به پاجوش‌دهی (۳)، سطح چوب ناصاف (۳)، فقدان خار روی چوب (۱)، رنگ سبز شاخه یکساله با نوارهای صورتی (۲)، شکل گرد نوک برگ (۱) و شدت پایین رنگ سبز برگ (۳) دارای بیشترین فراوانی بودند (جدول ۴).

تعداد ۱۰ نمونه شامل ژنوتیپ‌های قاسم مندلی رفسنجان، میخوش پوست قرمز رفسنجان، میخوش چترود، بمی سیرج شهداد، ترش دورگ داوران، شیرین دانه قرمز رفسنجان، بی هسته دانه سفید راور، شاهی ترش چترود، شیرین گرچ سیرجان و ترش کم بار خبر بافت در گروه دوم قرار گرفتند (جدول ۴). وجه مشخصه این گروه براساس آماره نما عبارت از صفات شکل بیضی میوه (۲)، شکل بینابینی (حدواسط زاویه‌دار و پهن) بخش تحتانی میوه (۱)، طول معمولی (غیربلند) تاج میوه (۲)، شکل

متقارن پنج ضلعی میوه (۱)، فقدان برآمدگی در بخش تحتانی میوه (۱)، رنگ قرمز مایل به زرد پوست میوه (۳)، رنگ صورتی-زرد دانه (۳)، رنگ قرمز دمبرگ (۱)، بدون غده انتهایی برگ (۱)، نسبت متوسط طول به پهنای برگ (۵)، نسبت پایین طول دمبرگ به طول رگبرگ میانی (۲)، موقعیت گل انتهایی در گل‌آذین (۳)، عادت باروری بیشتر روی شاخه‌های یکساله (۱)، عادت بارآوری منظم (۱)، عادت رشد گسترده (۱)، بنیه متوسط درخت (۲)، تمایل کم به پاجوش‌دهی (۳)، سطح چوب ناصاف (۳)، فقدان وجود خار روی چوب (۱)، رنگ سبز شاخه یکساله با نوارهای صورتی (۲)، شکل نوک تیز جوانه برگ (۳) و شدت پایین رنگ سبز برگ (۳) بود (جدول ۴).

گروه سوم نمونه، شامل ژنوتیپ‌های ترش درجه دو راور، ملس دانه سفید سیرجان، کیوانی چترود، گلابی پوست قرمز راور، شیرین هسته ریز شهداد (ژنوتیپ‌های شماره ۷۷ و ۸۸) را در برگرفت. ویژگی این گروه صفات شکل کروی میوه (۱)، شکل باریک بخش تحتانی میوه (۳)، طول معمولی (غیربلند) تاج میوه (۲)، شکل متقارن و بدون برجستگی میوه (۵)، وجود برآمدگی در بخش تحتانی میوه (۳)، رنگ قرمز مایل به زرد پوست میوه (۳)، رنگ صورتی-زرد دانه (۳)، رنگ قرمز دمبرگ (۱)، بدون غده انتهایی برگ (۱)، نسبت بالای طول به پهنای برگ (۷)، نسبت متوسط طول دمبرگ به طول رگبرگ میانی (۳)، موقعیت جانبی گل (۱)، عادت باروری بیشتر روی شاخه‌های یکساله (۱)، عادت گلدهی نامنظم (۱)، عادت رشد گسترده (۱)، بنیه ضعیف درخت (۱)، تمایل کم به پاجوش‌دهی (۳)، سطح چوب ناصاف (۳)، فقدان خار روی چوب (۱)، رنگ سبز شاخه یکساله با نوارهای صورتی (۲)، شکل نوک تیز جوانه برگ (۳) و شدت پایین رنگ سبز برگ (۳) بود.

گروه چهارم از چهار نمونه شامل ژنوتیپ‌های کیوانی سرجنگل بم، سک پوست قرمز شهربابک، گلابی پوست نازک سرجنگل بم و بافتی دانه قرمز راور تشکیل شد. در این گروه صفات شکل کروی میوه (۱)، شکل باریک بخش تحتانی میوه (۳)، طول معمولی (غیربلند) تاج میوه (۲)، شکل بدون برجستگی و متقارن میوه (۵)، وجود برآودگی در بخش تحتانی میوه (۳)، رنگ پوست قرمز مایل به زرد میوه (۳)، رنگ صورتی- زرد دانه (۳)، رنگ زرد دمبرگ (۲)، وضعیت توسعه یافته غده انتهایی برگ (۳)، نسبت متوسط طول به پهنای برگ (۵)، نسبت کوتاه طول دمبرگ به طول رگبرگ میانی (۲)، موقعیت جانبی گل در گل‌آذین (۱)، عادت باروری بیشتر روی شاخه‌های چندساله (۳)، عادت بارآوری (۱)، عادت رشد گسترده (۱)، بنیه متوسط درخت (۲)، تمایل کم به پاجوش‌دهی (۳)، وضعیت سطح چوب صاف (۱)، فقدان وجود خار روی چوب (۱)، رنگ سبز شاخه یکساله با نوارهای صورتی (۲)، شکل نوک تیز جوانه

برگ (۳) و شدت پایین رنگ سبز برگ (۳) دارای بیشترین فراوانی بودند.

در گروه پنجم هشت نمونه شامل ژنوتیپ‌های سابی سرجنگل بم، میخوش پوست نازک شهربابک، دمبکوه سرجنگل بم، طائی پوست سفید چترود، سبز پوست داوران، پوست قرمز راور، شیرین پوست نازک بافت و شاهی ترش چترود قرار گرفتند. در این گروه صفات شکل بیضی میوه (۲)، شکل فراخ بخش تحتانی میوه (۴)، تاج بلند میوه (۱)، شکل متقارن پنج ضلعی میوه (۱)، فقدان برآمدگی در بخش تحتانی میوه (۱)، رنگ پوست میوه قرمز مایل به زرد (۳)، رنگ صورتی روشن دانه (۷)، رنگ قرمز دمبرگ (۱)، فقدان غده انتهایی برگ (۱)، نسبت متوسط طول به پهنای برگ (۵)، نسبت متوسط طول دمبرگ به طول رگبرگ میانی (۳)، موقعیت جانبی گل (۱)، عادت بارآوری بیشتر روی شاخه‌های یکساله (۱)، عادت بارآوری نامنظم (۳)، عادت رشد گسترده (۱)، بنیه ضعیف قوی درخت (۳)، تمایل کم به پاجوش‌دهی (۳)، سطح چوب ناصاف (۳)، فقدان خار روی چوب (۱)، رنگ سبز شاخه یکساله با نوارهای صورتی (۲)، شکل نوک تیز جوانه برگ (۳) و شدت پایین رنگ سبز برگ (۳)، دارای بیشترین فراوانی بودند.

گروه ششم ۱۰ نمونه شامل ژنوتیپ‌های وحشی بهرنگ جیرفت، پوست گندمی سیرجان، درپایه دانه سیاه راور، درپایه دانه قرمز راور، مرس خاص شهداد، درپایه درجه یک راور، بافتی پوست سفید راور، ترش دانه قرمز شهداد، شیرین خاص سیرچ شهداد و وحشی نرک شهداد را در برگرفت. وجه مشخصه این گروه عبارت از صفات شکل بیضی میوه (۲)، شکل بینابینی (حدواسط زاویه‌دار و پهن) بخش تحتانی میوه (۱)، تاج بلند میوه (۱)، شکل متقارن و بدون برجستگی میوه (۵)، برآمدگی کوتاه در بخش تحتانی میوه (۲)، رنگ قرمز پوست میوه (۴)، رنگ قرمز روشن دانه (۵)، رنگ قرمز دمبرگ (۱)، وضعیت توسعه یافته غده انتهایی (۳)، نسبت متوسط طول به پهنای برگ (۵)، نسبت پایین طول دمبرگ به طول رگبرگ میانی (۲)، موقعیت انتهایی گل در گل‌آذین (۳)، عادت باروری بیشتر روی شاخه‌های یکساله (۱)، عادت بارآوری منظم (۱)، عادت رشد گسترده (۱)، بنیه ضعیف درخت (۱)، تمایل زیاد به پاجوش‌دهی (۷)، سطح چوب ناصاف (۳)، فقدان خار روی چوب (۱)، رنگ سبز شاخه یکساله با نوارهای صورتی (۲)، شکل نوک تیز جوانه برگ (۳) (۳) و شدت پایین رنگ سبز برگ (۳) بود.

گروه هفتم از ۱۱ عضو شامل ژنوتیپ‌های دمبکوه پوست قرمز بم، گلابی پوست نازک بم، درپایه دانه ریز راور، شیرین پوست قرمز راور، ترش پوست پیازی راور، میخوش صورتی سیرجان، بافتی دورگ راور، میخوش دانه سیاه رفسنجان، دبه‌ای پوست قرمز راور، میخوش هسته ریز شهداد و کیانی سیرجان تشکیل شد. ویژگی این گروه صفات شکل تخم مرغی میوه

(۳)، شکل تقریباً بینابینی (نزدیک به حدواسط زاویه‌دار و پهن) بخش تحتانی میوه (۲)، تاج بلند میوه (۱)، شکل نامتقارن میوه (۳)، فقدان برآمدگی در بخش تحتانی میوه (۱)، رنگ قرمز پررنگ پوست میوه (۵)، رنگ صورتی-زرد دانه (۳)، رنگ قرمز دمبرگ (۱)، فقدان غده انتهایی برگ (۱)، نسبت متوسط طول به پهنای برگ (۵)، نسبت کوتاه طول دمبرگ به طول رگبرگ میانی (۲)، موقعیت جانبی گل در گل‌آذین (۱)، محل تشکیل گل روی شاخه‌های یکساله (۱)، عادت گلدهی نامنظم (۳)، عادت رشد گسترده (۱)، بنیه قوی درخت (۳)، تمایل کم به پاجوش‌دهی (۳)، سطح چوب ناصاف (۳)، فقدان خار روی چوب (۱)، رنگ سبز شاخه یکساله با نوارهای صورتی (۲)، شکل نوک تیز جوانه برگ (۳) و شدت پایین رنگ سبز برگ (۳) بود.

گروه هشتم هفت نمونه عبارت از ژنوتیپ‌های زاغ پوست قرمز راور، خسک دانه قرمز راور ، سکنجبینی سیرجان، میخوش دانه قرمز رفسنجان، جازی پوست سفید، جازی پوست قرمز و خودرو وحشی خبر بافت را شامل شد. در این گروه صفات شکل کروی میوه (۱)، شکل تقریباً بینابینی (نزدیک به حدواسط زاویه‌دار و پهن) بخش تحتانی میوه (۲)، طول معمولی (غیربلند) تاج میوه (۲)، شکل بدون برجستگی و متقارن میوه (۵)، فقدان برآمدگی در بخش تحتانی میوه (۱)، رنگ قرمز مایل به زرد پوست میوه (۳)، رنگ قرمز روشن دانه (۵)، رنگ قرمز دمبرگ (۱)، فقدان غده انتهایی دمبرگ (۱)، نسبت متوسط طول به پهنای برگ (۵)، نسبت پایین طول دمبرگ به طول رگبرگ میانی (۲)، موقعیت انتهایی گل در گل‌آذین (۳)، عادت باروری روی شاخه‌های یکساله (۱)، عادت بارآوری منظم (۱)، عادت رشد گسترده (۱)، بنیه ضعیف درخت (۱)، تمایل زیاد به پاجوش‌دهی (۷)، سطح چوب ناصاف (۳)، فقدان خار روی چوب (۱)، رنگ سبز شاخه یکساله با نوارهای صورتی (۲)، شکل نوک تیز جوانه برگ (۳) و شدت متوسط سبزی رنگ برگ (۵) دارای بیشترین فراوانی بودند.

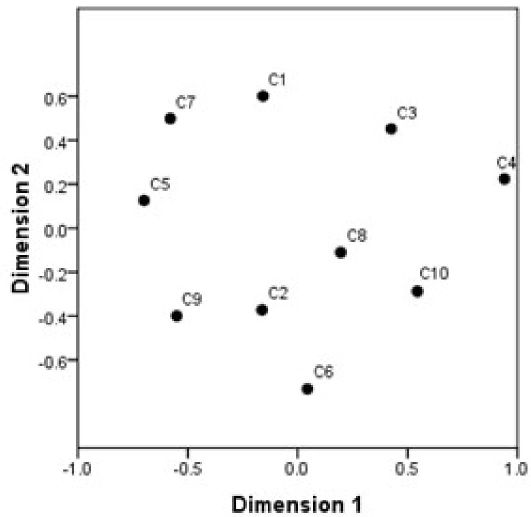
در گروه نهم ژنوتیپ‌های پوست قرمز شهربابک، مرس سرجنگل بم، شیرین پوست قرمز رفسنجان، ترش پوست سفید شهداد، میخوش پوست نازک بافت، مرس داوران رفسنجان، ترش دانه قرمز راور، شیرین هسته ریز بافت، نرک داوران رفسنجان، سفید پوست راور، میرزائی ترش راور، ترش درجه یک راور، شیرین شهوار سیرجان، شاهی دانه سیاه چترود، کیانی پوست کلفت، شیرین هسته دار خبر بافت، بی هسته شیرین خبر بافت و ترش سبز پوست سفید واقع شدند. در این گروه صفات شکل بیضی میوه (۲)، شکل بینابینی (حدواسط زاویه‌دار و پهن) بخش تحتانی میوه (۱)، تاج بلند میوه (۱)، شکل بدون برجستگی و متقارن میوه (۵)، فقدان برآمدگی در بخش تحتانی میوه (۱)، رنگ قرمز پوست میوه (۴)، رنگ قرمز روشن دانه (۵)، رنگ قرمز دمبرگ

(۱)، فقـدان غـده انتهـایی دمبـرگ (۱)، نسـبت بالای طول به پهنای برگ (۷)، نسبت پایین طول دمبرگ بـه طـول رگبـرگ میـانی (۲)، موقعیـت جـانبی گـل در گـل‌آذین (۱)، عـادت بـاروری روی شـاخه‌های یکسـاله (۱)، عـادت بـارآوری نـامنظم (۳)، عـادت رشـد گسـترده (۱)، بنیـه متوسط درخت (۲)، تمایل کـم بـه پـاجوش‌دهی (۳)، سطح چوب ناصـاف (۳)، فقـدان خـار روی چوب (۱)، رنگ سبز شـاخه یکسـاله بـا نوارهـای صورتی (۲)، شکل نوک تیز جوانـه بـرگ (۳) و شـدت پـایین سـبزی رنـگ بـرگ (۳) دارای بیشترین فراوانی بودند.

گروه دهم، نه عضو شامل ژنوتیپ‌هـای طـوق ملس درجه یک راور، بـافتی پوسـت قرمـز راور، سبز پوست وحشی جیرفـت، تـرش پوسـت قرمـز رفسنجان، کیـوانی راور، روده‌ای داوران، شـاهی دانـه قرمـز، کـدوئی تـرش خبـر بافـت، شـیرین دنده‌دار خبر بافت را در برگرفـت. ویژگـی ایـن گـروه صـفات شـکل کـروی میـوه (۱)، شـکل باریک بخـش تحتـانی میـوه (۳)، طـول معمـولی (غیربلند) تاج میوه (۲)، شکل بدون برجسـتگی و متقـارن میـوه (۵)، برآمـدگی کوتـاه در بخـش تحتانی میـوه (۲)، رنـگ قرمـز پوسـت میـوه (۴)، رنــگ صــورتی- زرد دانــه (۳)، رنــگ قرمــز دمبـرگ (۱)، فقـدان غـده انتهـایی دمبـرگ (۱)، نسبت متوسط طول بـه پهنـای بـرگ (۵)، نسـبت پایین طول دمبرگ به طـول رگبـرگ میـانی (۲)، موقعیـت انتهـایی گـل در گـل‌آذین (۳)، عـادت بـاروری روی شـاخه‌های یکسـاله (۱)، عـادت گلدهی منظم (۱)، عادت رشد گسترده (۱)، بنیـه متوسط درخت (۲)، تمایل کـم بـه پـاجوش‌دهی (۳)، سطح چوب ناصـاف (۳)، فقـدان خـار روی چوب (۱)، رنگ سبز شـاخه یکسـاله بـا نوارهـای صورتی (۲)، شکل نوک تیز جوانـه بـرگ (۳) و شدت پایین سبزی رنگ برگ (۳) بود.

گروه‌های حاصل در بای‌پلات مقیـاس بنـدی چند بعدی (شکل ۷) بصورت یکنـواختی توزیـع شـدند کـه نشـان‌دهنده وجـود تنـوع مناسـب در ژرم‌پلاسم مورد بررسی می‌باشد. گروه‌های ۱و ۶ دارای بیشترین و گروه‌های ۶ و ۹ دارای کمتـرین فاصـله از یکـدیگر بودنـد. بـا اسـتفاده از ایـن بـای‌پلات می‌تـوان بـه انتخـاب گروه‌هـایی بـا حداکثر میزان تنـوع اقـدام کـرد. بـه عنـوان مثـال همانطور که در بای‌پلات مشخص است، چنانچه انتخاب گروه‌هـایی بـا حـداکثر تفـاوت بـا گـروه یک مدنظر باشد، گروه‌های ۴ و ۶ و ۱۰ بـا داران بودن حداکثر فاصـله بـا گـروه یـک، کاندیـدای مناسبی بدین منظور خواهند بود و یا بـرای گـروه دهــم، انتخــاب گروه‌هــای ۵، ۱ و ۷ منجــر بــه حداکثر تفاوت خواهد شد.

نتایج این تحقیق ضمن اینکه توصیف جامعی از صـفات ظـاهری ژنوتیپ‌هـای تحـت بررسـی فراهم کرد، تنوع موجود در ژرم‌پلاسم را نیـز بـه گروه‌هــایی متمــایزی تفکیــک نمــود. فواصــل بــرآورد شــده بــین ژنوتیپ‌هــا مــورد ارزیــابی، بازتابی از تفاوت ژنتیکی آنهـا می‌باشـد. یکـی از پدیده‌های رایج وجود اسـامی مشـابه بـرای ارقـام محلی است. در این تحقیق نیز اسامی مشـابهی در



شکل ۷- پراکنش گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش K means مربوط به ژنوتیپ‌های انار استان کرمان در بای‌پلات مبتنی بر تجزیه مقیاس بندی چند بعدی

Fig. 7. Distribution of the pomegranate groups of Kerman province developed by K means clustering method in the biplot of multidimensional scaling analysis

ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت. به عنوان مثال ژنوتیپ‌های شاهی ترش چترود با دو شماره دسترسی متفاوت (۷۶ و ۷۹) نام یکسانی داشتند اما با اینحال در دندروگرام تجزیه خوشه‌ای در دو گروه متفاوت قرار گرفتند. گرچه ژنوتیپ‌های سکنجبینی سیرجان (با شماره‌های دسترسی متفاوت ۲۱ و ۶۳) در دندروگرام تجزیه خوشه‌ای در گروه مشابهی قرار گرفتند، اما بررسی مقادیر ماتریس تشابه نشان داد که در زمره مشابه‌ترین ژنوتیپ‌ها نبودند بلکه ژنوتیپ‌هایی با نام‌های متفاوت از میزان تشابه بیشتری برخوردار بودند. کاظمی الموتی و همکاران (Kazemi Alamuti *et al.,* 2013) نیز نشان دادند که کلکسیون انار یزد ممکن است حاوی ژنوتیپ‌های متفاوت با اسامی مشابه و یا ژنوتیپ‌های یکسان با اسامی متفاوت باشد.

نتایج این تحقیق در مجموع، امکان شناسایی و ثبت ژنوتیپ‌های ارزیابی شده را فراهم می‌آورد و در زمینه تمایز ژنتیکی و گروه‌بندی ژرم‌پلاسم، جهت انتخاب نمونه‌هایی با حداکثر میزان تمایز در مطالعات آینده، قابل بهره‌برداری خواهد بود.

سپاسگزاری

نگارندگان از مدیریت بخش تحقیقات

ژنتیک و ذخائر توارثی گیاهی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد که در اجرای این تحقیق همکاری نمودند سپاسگزاری می‌کنند.

References

Adabi Firouz Jaei, Z., Zamani, M., and Fatahi Moghadam, M. R. 2013. Study of wild and commercial pomegranates genotypes from the North of Iran using morphological traits. Journal of Plant Production 20(3): 91-109 (in Persian).

Beigi, F., Abdousi, V., and Ghasemi, A. A. 2012. Evaluation of some Iranian pomegranate cultivars for processing industries. Food Technology and Nutrition 9(5): 85-95 (in Persian).

Jombart, T., Devillard, S., and Balloux, F. 2010. Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. BMC Genetics 11: 94.

Kazemi Alamuti, M., Ebrahimi, M. A., Zeinolabedini, M., Mardi, M., Roodbar Shojaie, T., Pezhman Mehr, M., and Poor Irandoost, H. 2013. Genetic diversity of Iranian sour pomegranate (*Punica granatum* L.) germplasm based on microsatellite markers. Seed and Plant Improvement Journal 29(1): 179-197 (in Persian).

Mars, M. 2000. Pomegranate plant material: genetic resources and breeding, a review. Options Méditerranéennes, Seri A, No. 42: 55-62.

Melgarejo Moreno, P., and Martinez, R. 1992. El Granado, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 163 pp.

Melgarejo, P., Martinez, J., Martinez, F. R., Barrows, P., and Erez, A. 2004. Kaolin treatment to reduce pomegranate sunburn. Scientia Horticulturae 100(1-4): 349-353.

Rogers, J. S. 1972. Measures of genetic similarity and genetic distance. Studies in Genetics 7: 145-153.

Samadlouei, H., Azizi, M. H., and Barzagar, M. 2006. Investigation of physicochemical properties of ten varieties of Yazd pomegranate seed. Journal of Food Science and Technology 3(9): 19-26 (in Persian).

Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal 27: 379-423.

Still, D. W. 2006. Pomegranates: a botanical perspective. pp:199-209. In: Seeram, N. P., Schulman, R. N. and Heber, D. (eds.) pomegranates: ancient roots to modern medicine. CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida,

Tatari, M., Fotouhi Ghazvini, R., Ghasemnejad, M., Mousavi, S. A., and Tabatabaii, S. Z. 2011. Morphological and biochemical characteristics of fruit in some pomegranate cultivars in climatical conditions of Saveh. Seed and Plant Improvement Journal 27(1): 69-87 (in Persian).

UPOV. 2012. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability: Pomegranate. International Union for the Protection of New Varieties of Plants, Geneva. 34 pp.

Verma, N., Mohanty, A., and Lal, A. 2010. Pomegranate genetic resources and germplasm conservation: a review. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology 4(Special Issue 2): 120-125.

Zarei, M., and Azizi, M. 2010. Evaluation of some physicochemical characteristics of six Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars at ripening stage. Journal of Horticultural Science 24(2): 175-183 (in Persian).